

## SEMICONDUCTOR, ITS MANUFACTURE AND COMPOSITION FOR SEALING THEREOF

**Patent number:** JP2000228467

**Publication date:** 2000-08-15

**Inventor:** ADACHI MASAKI; YAMAMURA MEGUMI

**Applicant:** TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO

**Classification:**

- international: H01L23/29; H01L31/0203; H01L31/173; H01L23/28;  
H01L31/0203; H01L31/16; (IPC1-7): H01L31/02;  
H01S5/022; H01L23/29; C09K3/10; H01L23/31

**- european:** H01L23/29P; H01L31/0203; H01L31/173

**Application number:** JP19990253210 19990907

**Priority number(s):** JP19990253210 19990907: JP19980342715 19981202

**Also published as:**



EP1006575 (A2)

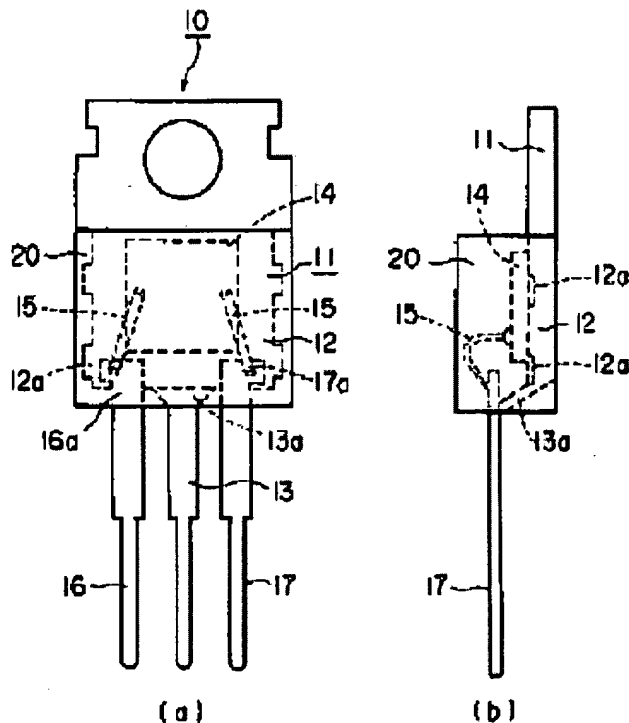
US6255739 (B1)

EP1006575 (A3)

**Report a data error here**

## Abstract of JP2000228467

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a semiconductor device excellent in recycle characteristic. **SOLUTION:** Thermoplastic resin is used as the resin constituting the package 20 sealing a semiconductor element 14. This thermoplastic resin has polyphenylene sulfide (PPS) for its main component, and its linear expansion coefficient at 150-200 deg.C is  $2.5\text{--}4.5 \times 10^{-5}$  [1/deg.C], and the coefficient ratio of the linear expansion coefficient is 0.55 or over. An adhesion giving agent to raise the adhesion is at a composition ratio of 0.28 to PPS.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2000-228467  
(P2000-228467A)

(43)公開日 平成12年8月15日(2000.8.15)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード*(参考)
H 0 1 L 23/29		H 0 1 L 23/30	R
23/31		C 0 9 K 3/10	F
C 0 9 K 3/10		H 0 1 S 5/022	
// H 0 1 L 31/02		H 0 1 L 31/02	B
H 0 1 S 5/022			

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 11 頁)

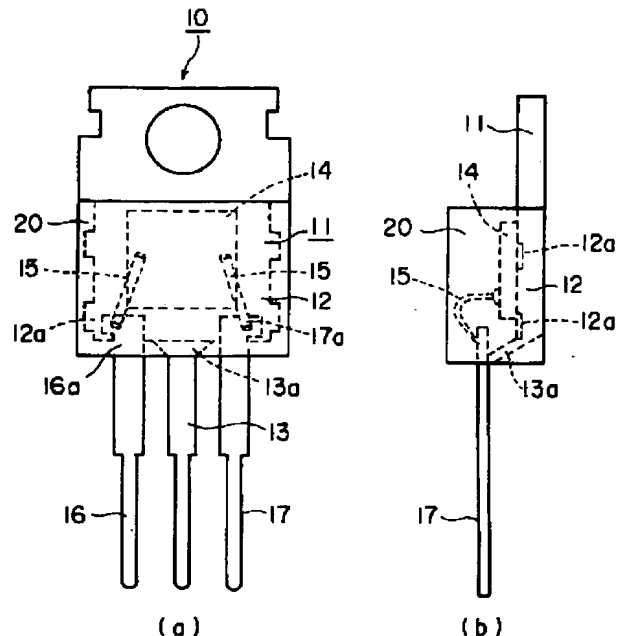
(21)出願番号	特願平11-253210	(71)出願人	000003078 株式会社東芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
(22)出願日	平成11年9月7日(1999.9.7)	(72)発明者	安達 正樹 神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株 式会社東芝生産技術センター内
(31)優先権主張番号	特願平10-342715	(72)発明者	山村 恵 兵庫県姫路市余部区上余部50番地 株式会 社東芝姫路半導体工場内
(32)優先日	平成10年12月2日(1998.12.2)	(74)代理人	100058479 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)
(33)優先権主張国	日本 (J P)		

(54)【発明の名称】 半導体封止用樹脂組成物及び半導体装置とその製造方法

(57)【要約】

【課題】リサイクル性が良好な半導体装置を提供すること。

【解決手段】半導体素子14を封止しているパッケージ20を構成する樹脂として熱可塑性樹脂を用いる。この熱可塑性樹脂はポリフェニレンサルファイド(PPS)を主成分としており、150~200℃における線膨張係数が $2.5 \sim 4.5 \times 10^{-5} [1/^{\circ}\text{C}]$ であり、線膨張係数の係数比が0.55以上である。密着性を高めるための密着性付与剤はPPSに対して0.28の組成比となつている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】熱可塑性であり、 $150^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ における線膨張係数が  $4.75\times 10^{-5}$  [ $1/^{\circ}\text{C}$ ] 以下であることを特徴とする半導体封止用樹脂組成物。

【請求項 2】熱可塑性であり、 $80^{\circ}\text{C}\sim 130^{\circ}\text{C}$ における線膨張係数が  $6.0\times 10^{-5}$  [ $1/^{\circ}\text{C}$ ] 以下であることを特徴とする半導体封止用樹脂組成物。

【請求項 3】熱可塑性であり、固化後、流動方向の線膨張係数と前記流動方向の法線方向の線膨張係数との比が 0.55 以上であることを特徴とする半導体封止用樹脂組成物。

【請求項 4】ポリフェニレンサルファイドを有し、 $150^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ における線膨張係数が  $4.75\times 10^{-5}$  [ $1/^{\circ}\text{C}$ ] 以下であり、 $80^{\circ}\text{C}\sim 130^{\circ}\text{C}$ における線膨張係数が  $6.0\times 10^{-5}$  [ $1/^{\circ}\text{C}$ ] 以下であり、固化後の流動方向の線膨張係数と前記流動方向の法線方向の線膨張係数の比が 0.55 以上であることを特徴とする半導体封止用樹脂組成物。

【請求項 5】固化後の曲げ強度が  $74\text{MPa}$  以上であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 いずれか記載の半導体封止用樹脂組成物。

【請求項 6】極性基の結合により他部材との密着性を高める密着性付与剤が、別に加えられている熱可塑性樹脂の重量比の約 28% 以下の重量比で添加されていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 いずれか記載の半導体封止用樹脂組成物。

【請求項 7】平均直径  $10\mu\text{m}$  以下のシリカ粒を含有することを特徴とする請求項 1 乃至 4 いずれか記載の半導体封止用樹脂組成物。

【請求項 8】繊維材料が混入していることを特徴とする請求項 1 乃至 4 いずれか記載の半導体封止用樹脂組成物。

【請求項 9】熱硬化性材料が混入していることを特徴とする請求項 1 乃至 4 いずれか記載の半導体封止用樹脂組成物。

【請求項 10】熱可塑性であり、固化後の  $25\sim 80^{\circ}\text{C}$  の線膨張と  $80\sim 125^{\circ}\text{C}$  の線膨張を加えた数値と曲げ弾性率の積が  $25\text{MPa}$  以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 いずれか記載の半導体封止用樹脂組成物。

【請求項 11】半導体素子と、この半導体素子を封止する請求項 1 乃至 10 いずれか記載の半導体封止用樹脂組成物にて形成されたパッケージと、一端が封止された前記半導体素子と電気的に接続される導通部材と、を具備することを特徴とする半導体装置。

【請求項 12】半導体素子と導通部材とを電気的に接続する工程と、前記半導体素子を樹脂によって封止する工程、とを備える半導体装置の製造方法において、前記樹脂として請求項 1 乃至 10 いずれかに記載の半導

体封止用樹脂組成物を用いることを特徴とする半導体装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】半導体素子を樹脂で封止した半導体装置に関し、特にパッケージのリサイクル性の高いものに関する。また、リードフレームなどのキャリア部材への密着性が高い熱可塑性樹脂組成物に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から、リードフレーム上に半導体素子を搭載した後、この半導体素子を熱硬化性樹脂で封止して形成される半導体装置が存在する。このような半導体装置は、たとえば以下のようにして形成される。

【0003】金型に設けられた上型と下型とが組み合わされることによって形成されるキャビティ内に半導体素子を搭載したリードフレームを配置する。この半導体素子はリードフレームと例えばボンディングワイヤによって電気的に接続されている。キャビティ内に向けて設けられている射出口（ゲート）から、熱硬化性樹脂であるエポキシ樹脂などを注入し、このエポキシ樹脂を加熱してこのエポキシ樹脂を固化して、半導体素子とリードフレームとを一体的に保持させる。このように、半導体装置の製造に際しては、流動性や密着性が良好であることなどの観点から熱硬化性樹脂が広く用いられている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、熱硬化性樹脂を硬化する場合、樹脂の硬化反応の所要時間として平均 60 秒程度が必要とされ、半導体装置の生産性の低下の一因となっている。また、樹脂の流動性が高すぎるため、バリが発生し易い。また、熱硬化性樹脂は一旦熱処理してしまうと、元の流動性を再現できないため、再利用性が無い。したがって、使われなくなった半導体装置は、埋立て処分か焼却処分されるしかない。

【0005】そこで、硬化工程の所要時間を短縮させるために熱硬化性樹脂に代えて熱可塑性樹脂を用いる方法が考えられる。熱可塑性樹脂を用いた場合の硬化反応の所要時間は約 10 秒程度と見積もられる。熱可塑性樹脂ならば、熱処理することで流動性を再現することが出来るので、再利用性があるという利点もある。

【0006】しかし、熱硬化性樹脂に比べると、リードフレームなどに対する密着性が低いと、リードフレームと樹脂との境界面から水分や油分などが侵入する場合が考えられるという耐湿性の問題があり、従来は使用されていなかった。

【0007】また、樹脂の線膨張係数が大きいことから固化後に半導体素子に応力が加わり、素子にクラックが生じてしまう問題もあった。

【0008】本発明は、熱可塑性の樹脂組成物により半導体素子やリードフレームを封止する場合においても、熱硬化性樹脂製の半導体装置に劣らない性能を有する半

導体装置とその製造方法を提供することを目的とする。  
また、本発明は、リードフレームや半導体素子などに対して密着性が高く、なお且つ半導体素子に対してクラックなどが発生しない信頼性の高い熱可塑性の樹脂組成物を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、熱可塑性樹脂を主成分とし、線膨張係数が $150^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ のとき $4.75\times 10^{-5}$  [ $1/^{\circ}\text{C}$ ]以下で、 $80^{\circ}\text{C}\sim 130^{\circ}\text{C}$ における線膨張係数が $6.0\times 10^{-5}$  [ $1/^{\circ}\text{C}$ ]以下の樹脂材料である。

【0010】また、本発明は、熱可塑性樹脂を主成分とし、流動方向の線膨張係数と前記流動方向の法線方向の線膨張係数の比が0.55以上の樹脂材料である。

【0011】また、本発明はポリフェニレンサルファイドを有し、 $150^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ における線膨張係数が $4.75\times 10^{-5}$  [ $1/^{\circ}\text{C}$ ]以下で、 $80^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ における線膨張係数が $6.0\times 10^{-5}$  [ $1/^{\circ}\text{C}$ ]以下であり、固化後の流動方向の線膨張係数と前記流動方向の法線方向の線膨張係数の比が0.55以上の樹脂材料である。

【0012】これらの封止用樹脂組成物は、実装時の変形や欠損を防ぐ観点から、曲げ強度が74MPa以上であることが好ましい。

【0013】また、これらの封止用樹脂組成物は、非常に過酷な高温高湿環境に耐えられるように、他部材との密着性を高める密着性付与剤の重量比が熱可塑性樹脂の重量比に対しておおよそ0.28以下の割合で添加されていることが好ましい。また、これらの封止用樹脂組成物は、流動方向による線膨張係数のばらつきを抑えるために、直径が平均10 $\mu\text{m}$ 以下のシリカを含有させることが好ましい。

【0014】これらの封止用樹脂組成物は、繊維材料が添加される場合がある。

【0015】また、これらの封止用樹脂組成物は、熱硬化性材料が添加される場合がある。

【0016】また、これらの封止用樹脂組成物は連続して発生する熱疲労において、素子にクラックが発生しないようにするため、線膨張係数が $80\sim 130^{\circ}\text{C}$ の範囲で $6.0\times 10^{-5}$  [ $1/^{\circ}\text{C}$ ]の場合、曲げ弾性率は7.2GPa以下であることが好ましい。

【0017】さらに熱可塑性であり、固化後の $25\sim 80^{\circ}\text{C}$ の線膨張と $80\sim 125^{\circ}\text{C}$ の線膨張を加えた数値と曲げ弾性率の積が25MPa以下であることが好ましい。

【0018】本発明の半導体装置は、半導体素子と、この半導体素子を封止する上記いずれかの封止用樹脂組成物にて形成されたパッケージと、封止された前記半導体素子を電気的に接続するための導通部材と、を具備する半導体装置である。

【0019】また、本発明の半導体装置の製造方法は、半導体素子と導通部材とを電気的に接続する工程と、前記半導体素子を上記した封止用樹脂組成物によって封止する工程、とを備える半導体装置の製造方法である。

【0020】

【発明の実施の形態】図1の(a)、(b)に本発明の第1の実施の形態に係るトランジスタ装置10の構成を示す。このトランジスタ装置10は、内部で発生する熱を効率良く発散するために、銅などの良導体からなる導通部材たるリードフレーム11のベッド部12がパッケージ20から露出するように構成されている。パッケージ20は後述するリードフレーム11やボンディングワイヤ15や半導体素子14を一体的に保持して成形されている。パッケージ20は封止用樹脂組成物が固化されて成形されたものである。放熱の問題がないときは、ベッド部12はパッケージ20の外部に露出している必要はない。

【0021】リードフレーム11は、半導体素子が載置される平板状のベッド部12と、このベッド部12の端部に突接したリード部13と、を有しており、前記ベッド部12とパッケージ20とが摺動しないようにするため、長手方向に凹凸構造の係留部12aが設けられている。

【0022】ベッド部12には半導体素子14が載置されている。半導体素子14にはポリイミドを被膜している。ポリイミドを被膜しておくことにより、耐湿性をさらに良好に維持出来るようになる。また、機械的強度も補強されるので耐衝撃性も向上できる。さらに、ポリイミドを被膜することでリードフレームの線膨張と樹脂の線膨張の差を緩和させて密着性を保持する効果がある。

【0023】リード部13にほぼ平行に他のリード16、17が設けられ、これらリード16、17のそれぞれのパッケージ20内の端部16a、17aは半導体素子14上に設けられる端子部とそれぞれボンディングワイヤ15で結線されている。ボンディングワイヤは金やアルミなど金属の良導体で構成されており、太さは直径200 $\mu\text{m}$ 程度である。

【0024】半導体封止用樹脂組成物は熱可塑性材料である。熱硬化性材料は実質的には混入されていない。本発明の半導体封止用樹脂組成物は産業廃棄物を減らすために再利用可能に構成されている。好ましくは、実質的にはガラスファイバーなどの繊維状のフィラーは含まれない。シリカなどの粒状のフィラーは混練される場合もあるが、75重量%を超える場合は混練作業が困難になる場合がある。

【0025】パッケージ20を構成する封止用樹脂組成物には密着性を高めるための密着性付与剤が添加されている。この密着性付与剤として、酸無水酸リン系ゴム成分などが用いられる。例えばこの密着性付与剤として極性基に $-\text{COH}$ を有しているアクリル酸と無水マレイン

酸の共重合体を用いた場合、Cuや42a110yなどからなるリードフレームは、表面に-OH基を付着している状態にあるため、これに接する極性基との相互作用によりH-COOH結合が生じ、密着性が向上する。このように密着性付与剤としては、極性基とリードフレーム表面の水酸基とが結合を生じて密着性が高まるような材料を選択することが好ましい。

【0026】封止用樹脂組成物にはフィラーとしてシリカ粒子を添加している。細粒状のフィラーは線膨張係数の絶対値を低くするばかりでなく、線膨張係数の異方性をも低減することが出来る。線膨張係数の異方性は後述するように樹脂の密着性に大きく関わる。フィラーのなかでも、シリカの細粒を用いることが好ましいものとなっている。本実施形態ではシリカを粒径10μm程度以下の大きさの細粒に加工して樹脂に添加している。他のフィラーとしてはシリケート粒子、セラミクス粒子、マイカ粒子などが使用可能である。フィラーは不活性で等方的形状であることが好ましい。

【0027】なお、従来、半導体装置の機械的強度を増すために樹脂の中に繊維材を混入していたが、外觀形状が異方的である繊維材は線膨張係数の異方性を助長するため、添加していない。特に、ガラス繊維は、ソーダガラス成分からNaイオンやClイオンが溶け出すので半導体装置の寿命を減退させる原因となる。また、リサイクルを行う場合、封止用樹脂組成物を混練する工程が必要であり、この混練工程で繊維がちぎれてしまい、強度が維持できないという問題がある。

【0028】ここで用いた封止用樹脂組成物は熱可塑性樹脂であるポリフェニレンサルファイド（以下PPSと称する）を熱可塑性成分とした樹脂である。パッケージ20は不透明化のために黒色に着色された封止用樹脂組成物を射出成形法によって成形固化したものである。成形条件は、金型温度155[°C]、樹脂溶融温度350[°C]、成形金型に設けられたゲート通過時の樹脂の想定粘度（実際には測定不能）100[Pa・s]、保圧60[MPa]である。半導体素子14を導通部材であるリードフレーム11とをボンディングワイヤ15によって電気的に接続し、これらを成形金型に設けられたキャビティ内に配置して、キャビティ内に樹脂を充填する。その後、封止用樹脂組成物が冷却されることで固化が生じ、半導体装置が形成される。

【0029】上述の封止用樹脂組成物を用いて成形した半導体装置の物理的特性について以下に詳述する。パッケージ20には密着性付与剤が添加された熱可塑性樹脂組成物を用いた。一般的には、密着性付与剤を添加するとパッケージ20の機械的強度が低下する傾向が認められている。この機械的強度が低すぎる場合には、リードを引っ張った際にパッケージ20に欠けが生じる場合がある。

【0030】半導体装置10をリード引張り試験に供し

た。リード引張り試験は、素子側の厚さ0.5mm×幅2.0mm×長さ2.5mm、そこからさらに延設される厚さ0.5mm×幅1.0mm×長さ18mmの2パートから構成されるリード部の、端部から5乃至6mmパッケージ寄りの部位を万力で保持し、長さ19mm×厚さ4.5mm×幅15mmのパッケージの端部から10mmリード部寄りの部位を万力で保持し、クロスヘッドによって10[mm/min]の速度でリードが切断あるいは抜ける状態まで引張り、そのときの引張り強度を測定する試験である。この時、リードはパッケージのベッド部12側から3.0mm離間した位置に突設されている。試験装置は（株）オリエンテック製万能引張試験機UCT-2.5Tである。この試験に供した試料のうち、パッケージの曲げ強度が74[MPa]以上の試料にはパッケージに欠けが生じなかった。したがって、一般的な半導体装置の場合、密着性付与剤の添加量としてはパッケージの曲げ強度が74[MPa]以上となる量が許容される。実験により、封止用樹脂組成物における密着性付与剤の重量比と熱可塑性樹脂の重量比との比（密着性付与剤[w t %]／熱可塑性樹脂[w t %]）および熱可塑性樹脂の機械的強度の関係は図2に示される通りとなった。組成比が0.28までは曲げ強度74[MPa]を保持しており、これよりも大きくなると曲げ強度は減少していく。したがって、両者の重量比の比の上限は0.28付近である。このときの半導体封止用樹脂組成物の組成は、65重量%～75重量%のシリカ粒と、25重量%～35重量%の熱可塑性樹脂組成物と、からなる半導体封止用樹脂組成物であり、さらに密着性を付与することを目的として、熱可塑性樹脂組成物は、極性基の結合により他部材との密着性を高める密着性付与剤が、別に加えられている熱可塑性樹脂の重量比の約28%以下の重量比で添加されている半導体封止用樹脂組成物となっている。

【0031】半導体装置10を温度サイクルテスト（以下TCTと称する）に供した結果を図3に示す。このTCTにおいては半導体装置に対して-65℃（30分）～室温（25℃：5分）～150℃（30分）の温度サイクルを繰り返し与えて耐性を評価する。温度を変化させる際は急峻な温度変化を与える。所定回数の温度サイクルを与えた後、試験前の電気特性との比較を行う。このとき計数した電気特性の変動率が絶対値で所定数値（例えば5%）を超過した場合は不良と判断する。

【0032】樹脂は低温時の線膨張係数が小さいので、-65℃の状態においてもリードフレームや半導体素子などに対する密着性が劣化しづらい。一方、高温時の線膨張係数は低温時に比して大きいため、高温時における線膨張係数がある一定の範囲以上に設定された封止用樹脂組成物の場合には、リードフレーム11とパッケージ20との界面に剥離が生じはじめ、密着性が劣化することがある。したがって、密着性劣化に影響を与える高温

時の線膨張係数が、パッケージ20を構成する樹脂に関する重要なパラメータとなる。

【0033】図4は熱可塑性樹脂及び熱硬化性樹脂における温度とひずみとの関係を示すグラフである。

【0034】封止用樹脂組成物の熱可塑性成分であるPPSのガラス転移点温度は約90℃付近にあるため、封止用樹脂組成物の線膨張係数の変曲点も、約90℃付近に存在する。

【0035】このために変曲点を含む80℃～100℃範囲の線膨張係数は安定していないものの他の温度範囲に比べて大きい傾向にある。

【0036】この温度付近の線膨張係数が大きいことは素子に応力を与えることに繋がる。例えば熱疲労テスト(Thermal Fatigue Test)(以下「TFT」と称する)は素子に通電して素子自体を発熱させる。この時の上昇温度は約100℃であり、室温を25℃とした場合約125℃まで温度を上げる。1分間温度を上げたままの状態にし、通電を止め、さらに3分後に通電をする。

【0037】所定回数の熱疲労サイクルを与えた後、試験前の電気特性との比較を行う。この時計数した電気特性の変動率が絶対値で所定数値(例えば150%)を超過した場合は不良と判断する。TFTの不良は、素子に繰り返し応力が加わりクラックを発生させる場合がある。パッケージ内に発生する熱応力は次式で表せることが知られている。

$$【0038】\sigma = \{E \cdot \alpha \cdot d \cdot t$$

ここで $\sigma$ は応力、 $E$ は曲げ弾性率、 $\alpha$ は線膨張係数である。よって80℃～130℃付近の線膨張係数と曲げ弾性率も半導体の信頼性に大きく影響を与える。

\*30

半導体装置パッケージの特性別TCT試験結果

サンプル No.	組成 [wt %]				特性				TCT [不良数/検査数]					
	シリカ	PPS	密着性 付与剤	ガラス 繊維	線膨張係数 $\times 10^{-5}$ [1/℃]			曲げ強度 [MPa]	100[cycle]		200[cycle]		300[cycle]	
					流動方向 ( $\alpha$ )	法線方向 ( $\beta$ )	係数比 ( $\alpha/\beta$ )		グループ A	グループ B	グループ A	グループ B	グループ A	グループ B
1	30	35	5	30	1.3	6.1	0.21	141.0	10/10	10/10	-	-	-	-
2	30	40	0	30	1.9	6.7	0.28	180.0	3/10	7/10	10/10	10/10	-	-
3	75	25	0	0	2.5	3.1	0.81	87.4	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
4	69	28	3	0	2.8	4.5	0.62	87.4	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
5	70	25	5	0	2.7	3.5	0.77	95.0	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
6	70	25	5	0	2.7	4.3	0.53	74.0	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
7	75	19.5	5.5	0	2.5	4.5	0.55	80.0	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10

【0043】表1では半導体素子が大きくなるほど、不良率が高くなっている。したがって、少なくともサンプル1及びサンプル2の試料について、密着性が低すぎたことが分かる。ただし、密着性付与剤の添加量に変化が無いにもかかわらずサンプル2において、グループAに対してグループBは不良率が増大しており、その他のサンプルにおいては不良が発生していない。

【0044】このときの各サンプルの線膨張係数を測定した結果も表1に併せて示してある。実験を積み重ねた

\*【0039】よって、TFTを実施する半導体は80℃～125℃付近の線膨張係数と、曲げ弾性率を適正化する必要があるとともに、TCTのために150℃～200℃の線膨張係数を適正化する必要がある。

【0040】この考察を基に、高温領域(150℃～200℃)における線膨張係数の絶対値が $6.4 \times 10^{-5}$  [1/℃]以下の封止用樹脂組成物を用いて成形した半導体装置に対してTCTを行ったところ、線膨張係数の絶対値が $4.75 \times 10^{-5}$  [1/℃]を超える値を有する樹脂の場合に不良が発生しやすいことが、図3から判断できた。 $2.5 \times 10^{-5}$  [1/℃]以上の封止用樹脂組成物において不良が発生しないことを実験で確認した。

【0041】表1に半導体封止用樹脂組成物に添加する密着性付与剤とPPSとの重量比を変えた複数の試料をTCTに供した結果を示す。このTCTはJIS C 7021:A-4やJIS C 7022:A-4などの規格に準拠した方法である。ここでは各条件毎に10個の同等品を1ロットとしている。100サイクル毎に300サイクルまで各試料の電気特性を測定しており、この電気特性の変動率の絶対値が5%を超えたものについて不良と判断している。シリカ細粒や密着性付与剤の充填量を変えた7つの試料について確認を行った。試料は3.8mm×3.8mmの半導体素子をリードフレームに搭載して封止用樹脂組成物で一体に成形した成形品(グループA)及び6.5mm×6.5mmの半導体素子をリードフレームに搭載して封止用樹脂組成物で一体に成形した成形品(グループB)を用いる。

【0042】

【表1】

結果、樹脂を流動させた方向の線膨張係数 $\alpha$ と、この方向に直行する方向の線膨張係数 $\beta$ との比 $\alpha/\beta$ (以下、係数比と称する)が0.55以上のものについて不良が発生しないことを確認した。本実施の形態においては $\alpha/\beta$ をパラメータとして確認を行ったが、 $\beta/\alpha$ をパラメータとした場合にこの値が1.82以下のものについても、同様の効果を奏するものである。両者の比が1に近ければ良い。

【0045】表1に示す熱可塑性封止用樹脂組成物に

は、30～75重量%のシリカが添加されている。しかしながら、シリカの添加量は0%でも構わない。表1に示されたサンプルは比較のためにあげられた例であるにすぎない。シリカの添加量が75%を超えると硬くなりすぎて混練が困難になる場合がある。

【0046】さて、一般的には、フィラーはパッケージの機械的強度を向上させるために添加される。これは表1からも読み取れる。ガラスファイバーなどの繊維状の材料はシリカなどの粒状のフィラーよりも、この効果が大きい。それ故、サンプル1や2においては、シリカの量は抑えられている。シリカの混合量が30重量%のサンプル1及び2において、線膨張係数比は低い。しかし、シリカの混合量が75重量%のサンプル7においても、他のサンプルに比して線膨張係数比が低い。したがって、シリカの混合量は材料の線膨張係数比の増加に関して直接的影響が無い。表1の場合、ガラスファイバーが線膨張係数比に関して直接的影響を持っていること\*

半導体装置パッケージの特性別TCT、TFT試験結果

サンプル No.	組成 [wt%]				特性								TCT		TFT			
	シリカ	PPS	密着性 付与剤	ガラス 繊維	線膨張係数 $\times 10^{-5}(1/^{\circ}\text{C})$						曲げ 強度 Mpa	300cyc		3000cyc		5000cyc		
					80～130℃			150～200℃				A	B	A	B	A	B	
					$\alpha$	$\beta$	$\alpha/\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha/\beta$								
1	75	25	0	0	3.0	3.3	0.90	2.5	3.1	0.81	87.4	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	
2	69	28	3	0	6.1	6.3	0.97	2.8	4.5	0.62	87.4	0/10	0/10	4/10	0/10	8/10	1/10	
3	70	25	5	0	5.3	5.7	0.93	2.7	3.5	0.77	95.0	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	
4	70	25	5	0	6.3	6.7	0.94	2.7	4.3	0.63	74.0	0/10	0/10	5/10	1/10	9/10	3/10	
5	75	19.5	5.5	0	3.1	3.1	1.00	2.5	4.5	0.55	80.0	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	
6	65	29	3	0	6.1	6.2	0.98	3.5	4.5	0.78	83.0	0/10	0/10	8/10	2/10	9/10	5/10	
7	68	26	6	0	5.7	5.8	0.98	3.3	4.6	0.67	77.0	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	
8	68	29	3	0	3.4	3.5	0.97	2.3	3.5	0.66	87.5	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	

【0049】表2に半導体封止用樹脂組成物に添加された密着性付与剤とPPSとの重量比を変えた複数の試料をTCTとTFTに供した結果を示す。このTFTはJISC7021:B-6やJISC7022:B-2などの規格に準拠した方法である。ここでは各条件毎に10個の同等品を1ロットとしている。1000サイクル毎に10000サイクルまで各試料の電気特性を測定しており、この電気特性の変動率の絶対値が50%を超えたものについて不良と判断している。シリカ細粒や密着性付与剤の充填量を変えた8つの試料について確認を行った。

\*とが読み取れる。

【0047】また、シリカそれ自身には粘着性が無く、樹脂にはわずかながら粘着性がある。ガラスファイバーを添加することによってパッケージの曲げ強度は増加しているが、この状態では、リードフレームが膨張収縮したときなどに応じて変形することも容易ではなくなる。サンプル1及び2におけるPPSの混合量は、粘着性を向上させるために、他のサンプルよりも多めに設定されている。仮にサンプル1において、シリカの添加量がこれよりも多い場合、またはPPSの添加量がこれよりも少ない場合は、テストによる不良発生率は増加する。電気特性の変動率が絶対値で5%を超過した場合は不良と判断した。PCTはEIAJ SD-121:18やEIAJ IC-121:18に準拠している。

【0048】

【表2】

【0050】試料は3.8mm×3.8mmの半導体素子をリードフレームに搭載して封止用樹脂組成物で一体に成形した成形品（グループA）及び、6.5mm×6.5mmの半導体素子をリードフレームに搭載して封止用樹脂組成物で一体に成形した成形品（グループB）を用いる。

【0051】表3では80℃～130℃の温度領域の線膨張係数が $6.0 \times 10^{-5} [1/^{\circ}\text{C}]$ を超えるとTFTでの不良が多くなっている。

【0052】

【表3】

半導体装置パッケージの特性別PCT/TCT/TFT試験結果

サンプル No.	組成 [wt%]				特性								
	シリカ	PPS	密着性 付与剤	ガラス 繊維	線膨張係数 $\times 10E - 5 (1/^{\circ}C)$						曲げ 強度 MPa	曲げ 弾性率 GPa	応力値 (MPa) $\sigma = E \cdot \alpha \cdot d$
					80~130℃			150~200℃					
					$\alpha$	$\beta$	$\alpha/\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha/\beta$			
1	75	25	0	0	3.0	3.3	0.90	2.5	3.1	0.81	87.4	9.7	25.04
2	70	25	5	0	5.3	5.7	0.93	2.7	3.5	0.77	95.0	8.2	30.05
3	75	19.5	5.5	0	3.1	3.1	1.00	2.5	4.5	0.55	80.0	9.0	22.46
4	68	26	6	0	5.7	5.8	0.98	3.3	4.6	0.67	77.0	6.4	23.98
5	68	29	3	0	3.4	3.5	0.97	2.3	3.5	0.66	87.5	9.2	24.49

サンプル No.	PCT		TCT		TFT		TFT	
	500(H)		1000cyc		10,000cyc		15,000cyc	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1	1/10	1/10	0/10	0/10	0/10	0/10	1/10	0/10
2	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	5/10	2/10
3	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
4	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
5	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10

【0053】表3から、これまで検討して得られた条件が適正であることが確認できたとともに、密着性付与剤が添加されていないければ、比較的長期信頼性が低いということも確認された。

【0054】表3はTFTを15000サイクルまで延ばした場合の結果も記した。表3には曲げ弾性率とパッケージ内に発生する熱応力値 $\sigma$ の計算値も入れた。表3のように熱応力値 $\sigma$ が25MPa以上の樹脂ではグループAの素子でクラックが発生し不良となった。

【0055】半導体装置に用いる樹脂は、線膨張係数が高温領域150°C~200°Cのとき $4.75 \times 10^{-5} [1/^\circ\text{C}]$ 以下に設定されたものであることが耐湿性の観点から好ましい。

【0056】さらに、TFTのような熱疲労が生じる半導体装置に用いる樹脂は、線膨張係数がガラス転移点温度付近80°C~130°Cのとき $6.0 \times 10^{-5} [1/^\circ\text{C}]$ 以下に設定されたものであることが素子クラック発生観点から好ましい。

【0057】さらに言えば、熱応力値 $\sigma$ が25MPa以下の樹脂はTFTを15000サイクルまで延長してもグループA、Bの素子において素子クラック発生がなく好ましい。

【0058】さらには、この封止用樹脂組成物の線膨張係数の係数比は0.55以上であることが好ましいことが確認された。前記係数比は1.0を超えても良いが、1.0に近いほどよい。このため、従来、半導体装置の機械的強度を補強するために添加されていた繊維材は、添加されることが望ましい。

【0059】また、強度上の問題を生じない程度に耐湿性の長期信頼性を確保したい場合は、他の部材との密着性を高めるための密着性付与剤を樹脂材料に対して0.28の割合を上限として添加することが好ましいことも確認された。これによって、曲げ強度74 [MPa]以上の樹脂を得ることが出来、半導体装置の製造に適した樹脂となる。

【0060】＜第2の実施の形態＞図5に本発明の第2の実施の形態に係るCCD (Charge Coupled Device) 装置10Bの構成を示す。

【0061】このCCD装置10Bは、封止用樹脂組成物製の中空パッケージ20Bの中空部に1.8mm×3.0mmのCCD素子15Bが設けられ、このCCD素子15Bの受光面側が光学ガラス17Bで構成される自由空間となっている。CCD素子15Bの被受光面側はリードフレームのベッド部12Bと結合されて閉じられている。

【0062】リードは中空パッケージ20Bによって保持されており、インナーリード部13BとCCD素子15Bとは直径25 $\mu\text{m}$ 程度のボンディングワイヤ16Bで電気的に接続される。ボンディングワイヤは金やアルミなどの良導体で構成されている。アウターリード部14Bは中空パッケージ20Bの外側にあり、他の装置とCCD素子15Bとを電気的に接続されるために設けられる。

【0063】中空パッケージ20Bは不透明化のために黒色に着色された封止用樹脂組成物を射出成形法によって成形したものである。成形条件は、金型温度155



〔℃〕樹脂熔融温度340〔℃〕、成形用金型に設けられたゲート通過時の樹脂の想定粘度（実際には測定不能）300〔Pa・s〕、保圧120〔MPa〕である。

【0064】中空パッケージ20Bを構成する樹脂の物性は前述の理由により、線膨張係数が高温領域150℃～200℃のとき $4.75 \times 10^{-5}$ 〔1/℃〕以下に設定されたものであり、この封止用樹脂組成物の線膨張係数の係数比は0.55以上であり、また、強度上の\*

半導体装置パッケージの特性別TCT/HTB試験結果

サンプル No.	組成〔wt%〕				特性				TCT	HTB	
	シリカ	PPS	密着性 付与剤	ガラス 繊維	線膨張係数 $\times 10^{-5}$ 〔1/℃〕		曲げ強度 〔MPa〕	TCT 〔不良数/検査数〕	150〔cycle〕	(60℃:90%)	
					流動方向 ( $\alpha$ )	法線方向 ( $\beta$ )				150〔H〕	400〔H〕
1	70	30	0	0	2.9	4.7	0.52	110.1	1/3	×	-
2	69	28	3	0	2.8	4.5	0.62	85.0	0/3	○	○
3	75	20	5	0	2.5	3.1	0.81	87.4	0/3	○	○
4	70	25	5	0	2.6	4.5	0.58	85.6	0/3	○	○
5	70	25	5	0	3.3	5.5	0.60	74.0	2/3	○	○
6	75	19.5	5.5	0	2.5	4.5	0.55	80.0	0/3	○	○

【0066】ここで、表4に封止用樹脂組成物に添加する密着性付与剤の添加量を変化させた6種類（各3個）のCCD装置をTCTおよび高温高湿放置試験に供した結果を示す。このTCTにおいては-65℃（30分）～150℃（30分）の温度サイクルを1サイクルとして150サイクル後に各試料の電気特性を測定しており、この電気特性の変動率の絶対値が5%を超えたものについて不良と判断している。また、高温高湿放置試験については温度60℃、湿度90%の炉の中に試料を放置して試料内部に生じる結露を目視により確認する。放置時間150Hと400Hの時点でそれぞれ目視を行い、内部結露が発生していなければ密着性良好（○）と判断する。逆に、目視の結果、結露が確認された場合は密着性不良（×）と判断する。

【0067】表4から、これまで検討して得られた樹脂の条件が適正であることが確認できたとともに、非常に過酷な条件に長時間さらされる場合は密着性付与剤が添加されていなければ耐湿性を維持しきたいということが再度確認された。

【0068】＜第3の実施形態＞図6に本発明の第3の実施の形態に係るIOU（Integrated Optical Unit）10Cを示す。

【0069】このIOU10Cは、熱可塑性樹脂としてPPSを利用した本発明の樹脂材料製の中空パッケージ20Cの中空部に、レーザ光Lを発光する0.3mm×0.8mmの半導体レーザ13Cやこのレーザ光Lが光ディスクなどの記録媒体によって変調されて戻ってくる反射光L'を受光する3.8mm×6.0mmのフォトディテクタ14Cなどの素子が銅材製のベッド部12C上に配置された状態で設けられ、光L、L'の出射口／

\*問題を生じない程度に耐湿性の長期信頼性を確保するために、他の部材との密着性を高めるための密着性付与剤を樹脂の重量比に対して0.28の割合を上限として添加されており、曲げ強度74〔MPa〕以上の熱可塑性樹脂である。また、従来、半導体装置の機械的強度を補強するために添加されていた繊維材は添加されていない。

【0065】

【表4】

入射口に光学ガラスが配置されて構成されている。ベッド部12C上にはIC（Integrated Circuit）などが設けられていても良い。中空パッケージの外側には外部からの電流を内部へと導電するリード11Cがその一端を埋没されて設けられており、この埋没部分とベッド部12C上の素子とがボンディングワイヤ15Cで電気的に接続されている。ボンディングワイヤ15Cは例えば金属製で直径25μm程度である。

【0070】放熱板12C上に配置される素子の動作が外部から進入する光によって乱されないように、中空パッケージ20Cを構成する封止用樹脂組成物は黒色に着色され、不透明化している。成形条件は、金型温度155℃、樹脂熔融温度340℃、成形用金型に設けられたゲート通過時の樹脂の想定粘度300〔Pa・s〕、保圧120〔MPa〕とした。

【0071】中空パッケージ20Cを構成する樹脂の物性は前述の理由により、線膨張係数が高温領域150℃～200℃のとき $4.75 \times 10^{-5}$ 〔1/℃〕以下に設定されたものであり、この樹脂の線膨張係数の係数比は0.55以上であり、また、強度上の問題を生じない程度に耐湿性の長期信頼性を確保するために、他の部材との密着性を高めるための密着性付与剤を樹脂材料に対して0.28の割合を上限として添加されており、曲げ強度74〔MPa〕以上の熱可塑性樹脂である。また、従来、半導体装置の機械的強度を補強するために添加されていた繊維材は添加されていない。

【0072】このようなIOU10Cは、例えば光ディスク装置に搭載される光ヘッド装置の発光ユニットに用いられる。樹脂によるパッケージは金属によるパッケージに比してコストや製造速度などの点で生産性が良好で

あることから、レーザ光によって光ディスクを再生または記録する光ディスク装置に搭載される光ヘッド装置などの応用製品の生産性の向上にも寄与することが出来る。

【0073】本発明は上記各実施形態に限定されるものではない。例えば、熱可塑性樹脂としてPPSを用いているが、LCP（液晶ポリマー）やPEEK（ポリエーテルエーテルケトン）、PEN（ポリエーテルニトリル）、PES（ポリエーテルサルホン）など、他の熱可塑性樹脂を主成分とする樹脂を用いることによっても同様の特性を得ることが出来る。

【0074】また、半導体素子としては演算に供されるものや発光に供されるもの、受光に供されるもの、増幅に供されるもの、記憶に供されるものなど、あらゆる用途の半導体素子に対して用いることが可能である。

【0075】また、樹脂には他部材との密着性を高めるための密着性付与剤が添加されているが、製品サイクルが比較的短いパーソナルコンピュータや電卓や時計や体温計などの電子機器に組み込まれる半導体装置のパッケージとしては、密着性付与剤を混入させる必要が無い場合もあり、密着性付与剤を添加しなくても所望の動作や信頼性が補償される。一方、パワーエレクトロニクスなど過酷な環境下で用いられる装置の場合は、密着性付与剤が添加された樹脂を用いることが好ましい。

【0076】また、樹脂は、曲げ強度が74 [MPa] 以上のものを用いているが、用途や製品寿命や実装環境などを考慮して、この範囲を満たさない熱可塑性樹脂を用いる場合もある。このような場合でも、最低限度として、熱可塑性樹脂の流動方向とこの流動方向の法線方向との線膨張係数の比が0.55以上であることが満たされていれば、半導体装置に適用することが可能である。

【0077】また、導通部材としてリードフレームを示したが、はんだボールによるフリップチップ接続などの場合にも対応可能である。以上、本発明によれば線膨張係数が150℃～200℃のとき $4.5 \times 10^{-5}$  [1/℃] 以下である樹脂あるいは、流動方向の線膨張係数と前記流動方向の法線方向の線膨張係数との比が0.55以上である樹脂あるいは、69重量%～75重量%のシリカ粒と25重量%～31重量%の熱可塑性樹脂組成物とからなる樹脂組成物を半導体封止用に用いるので、耐湿性の高い半導体装置を製造することに適する。

【0078】また、本発明によれば、樹脂の他部材との密着性を高める密着性付与剤が樹脂に対して0.28以下の割合で添加されている熱可塑性樹脂あるいは、曲げ強度が74 [MPa] 以上である樹脂なので、機械的強度が比較的高く維持した耐湿性の高い半導体装置を製造することに適している。

【0079】また、本発明によれば、上記に併せて直径10μm以下のシリカの細粒を含有する樹脂で、線膨張係数の比が1.0に近づくので、より耐湿性の高い半導

体装置を製造することに適する。

【0080】仮に熱硬化性樹脂や繊維材料が混入した場合であっても、その樹脂が全体として本発明の条件に適合している場合、所期の効果を奏する。すなわち、熱硬化性樹脂の混入が、本発明の封止用材料の熱可塑性質を熱硬化性質に変質させない限りにおいては、混入が許される。また、繊維材料が混入しても、本発明の封止用材料の流動方向およびその法線方向の線膨張係数比が本発明の範囲内にあれば、混入が許される。

【0081】また、本発明によれば、半導体素子と導通部材とを上記の熱可塑性の樹脂で封止したので、耐湿性や機械的強度を良好に維持したまま、リサイクル可能な半導体装置を提供できる。

【0082】本文中、信頼性評価時に測定する電気特性としては、トランジスタの場合、電流値 $I_{ce0}$ （ベース開放時コレクタエミッタ間逆電流）を指標にして測定している。しかしながら、試験によっては $V_{cb0}$ （エミッタ開放時のコレクタベース間逆電圧）、 $V_{ce0}$ （ベース開放時のコレクタエミッタ間逆電圧）、または $V_{eb0}$ （コレクタ開放時のエミッタベース間逆電圧）など、電圧のパラメータの方が影響を受け易いことが分かっており、これらを基準にした場合、封止用樹脂組成物に対する要求仕様は厳しくなるものと思われる。逆に、電流値 $I_{ce0}$ よりも試験の影響が少ない電気特性をパラメータにおいた場合、封止用樹脂組成物に対する要求仕様は緩やかになる。

【0083】本文中、封止用樹脂組成物の曲げ強度の測定はJIS規格K-7171に基づいて実施しており、長さ127mm×幅12.6mm×厚さ3.2mmの射出成形品を温度23℃、湿度50%Rhの環境に1日放置した試験片を用い、同じく23℃、湿度50%Rhの環境の下で、（株）オリエンテック製試験機ABM/RTA-500を用いて、圧子半径5mm、支点間距離50mm、試験速度2.0 [mm/min] の条件で測定した。この射出成形品の長さ方向が樹脂の流動方向となる。流動方向の両端部を自由支持して中央部を押圧することで、測定を行っている。

【0084】本文中、封止用樹脂組成物の線膨張係数の測定はJIS規格K-7197に基づいて実施しており、前記曲げ強度の測定に用いた成形装置のゲート部から80mm離間した位置から切り出した7mm×12mm×3.2mmの試験片を用い、大気中にて、直径2.5乃至3.0mmの石英棒を検出棒として備えたセイコー電子工業（株）製・応力・歪み測定装置TMA-120Cを用いて測定した。温度校正は無し、長さ校正には直径5mm×長さ10mmのアルミ柱を使用した。任意抽出の3個のサンプルの平均値を記載している。

【0085】なお、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変形実施可能であるのは勿論である。

【0086】

【発明の効果】本発明の半導体装置は、半導体装置の信頼性を保ったままで製造速度が向上する。また、従来の半導体装置に比して、リサイクル性がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は第1の発明の実施の形態に係る半導体装置を示す正面図、(b)は側面図。

【図2】PPSと密着性付与剤との重量比の比と曲げ強度との関係を示すグラフ。

【図3】熱可塑性樹脂の熱膨張係数と不良発生率との関係を示すグラフ。

\*【図4】熱可塑性樹脂とエポキシ樹脂における温度とひずみとの関係を示すグラフ。

【図5】第2の発明の実施の形態に係る半導体装置を示す断面図。

【図6】第3の発明の実施の形態に係る半導体装置を示す断面図。

【符号の説明】

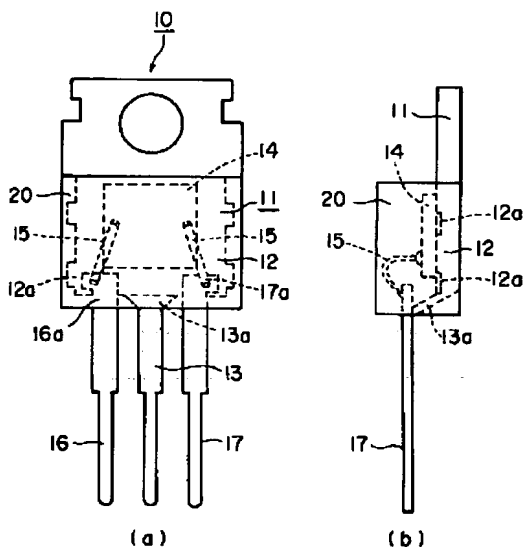
10…半導体装置

11…リードフレーム、

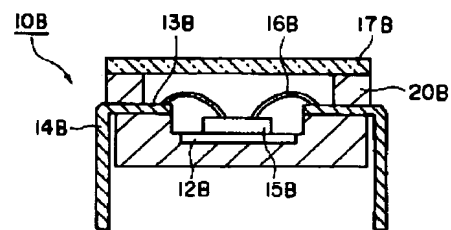
14…半導体素子

20…パッケージ

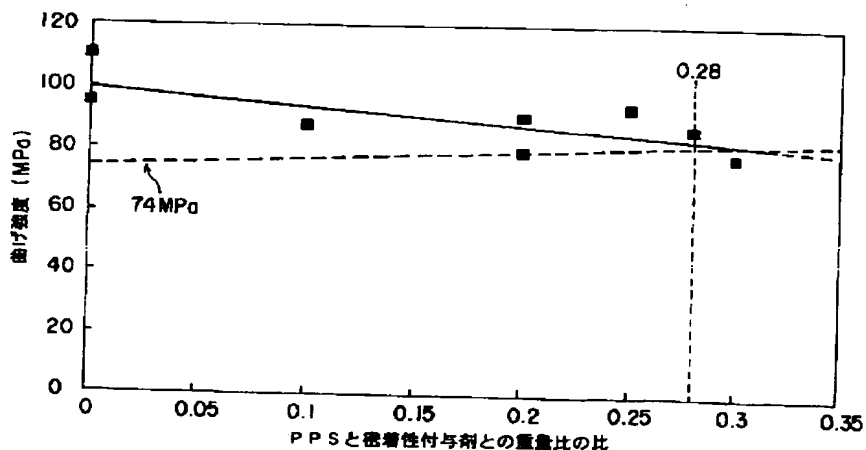
【図1】



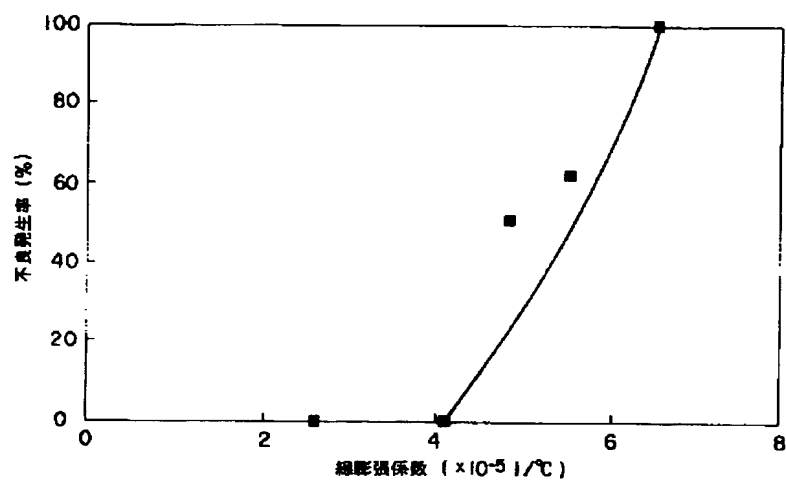
【図5】



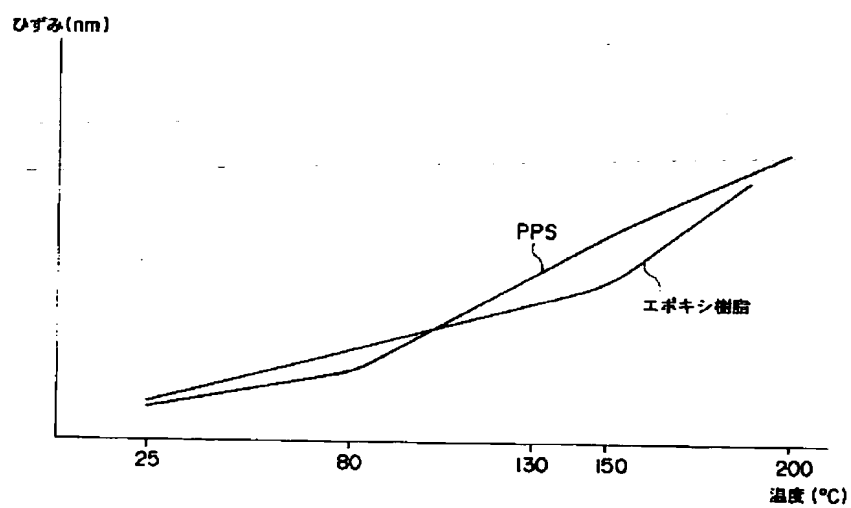
【図2】



【図3】



【図4】



【図6】

